

## THESIS / THÈSE

### MASTER EN SCIENCES INFORMATIQUES

#### Gestion des données dans les systèmes de transport intelligents Le cas de la Ville de Namur

Essafi, Oussama

*Award date:*  
2018

*Awarding institution:*  
Université de Namur

[Link to publication](#)

#### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

#### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

UNIVERSITÉ DE NAMUR  
Faculté d'informatique  
Année académique 2017–2018

**Gestion des données dans les systèmes de  
transport intelligents : Le cas de la Ville de  
Namur**

Oussama Essafi



Promoteur : \_\_\_\_\_ (Signature pour approbation du dépôt - REE art. 40)  
Michael Petit

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de  
Master en Sciences Informatiques.

# Table des matières

<b>Table des matières</b>	<b>2</b>
<b>Preface</b>	<b>4</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>6</b>
<b>2 Les systèmes de transport intelligents</b>	<b>8</b>
2.1 Les systèmes de transport intelligents . . . . .	8
2.1.1 Définition . . . . .	8
2.1.2 Utilité des STI . . . . .	9
2.1.3 Avantages des STI . . . . .	9
2.2 Les données dans les systèmes de transport intelligents . . . . .	10
2.2.1 La directive 2010/40/UE du parlement européen et du conseil de l'Union européenne [1] . . . . .	10
2.2.2 Les systèmes de gestion de données archivées . . . . .	11
2.2.3 Les formats d'échange de données de trafic . . . . .	13
2.2.4 Catégorisation des données relatives à la mobilité urbaine . . . . .	15
<b>3 Analyse des données dans le cas du STI de Namur</b>	<b>18</b>
3.1 Présentation du projet . . . . .	19
3.2 Catégories de données . . . . .	20
3.3 Les différentes sources de données pour le STI Namur . . . . .	23
3.3.1 Données de circulation . . . . .	23
3.3.1.1 Occupation du domaine public . . . . .	23
3.3.1.2 Arrêtés de police . . . . .	23
3.3.2 Transport en commun . . . . .	23
3.3.3 Qualité de l'air . . . . .	24
3.3.4 Stationnement . . . . .	24
3.3.4.1 Parkings hors voirie (privés/publics) . . . . .	24
3.3.4.2 Parkings en voirie . . . . .	25
3.3.5 Li Bia Velo . . . . .	26
3.3.6 Flux cycliste et piéton . . . . .	28
3.3.7 Données statiques . . . . .	29
3.4 Étude des besoins relatifs aux données . . . . .	31

3.4.1	Modèles conceptuels de données et propositions de stratégies de stockage . . . . .	31
3.4.1.1	Données ODP . . . . .	31
3.4.1.2	Données TEC . . . . .	32
3.4.1.3	Données Li Bia Velo . . . . .	34
3.4.1.4	Données des comptages vélos . . . . .	35
3.4.2	Schéma conceptuel des données stockées dans le STI . . . . .	36
<b>4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>38</b>
<b>A</b>	<b>Glossaire</b>	<b>40</b>
<b>B</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>41</b>

# Préface

## Remerciements

En préambule, j'aimerais adresser tous mes remerciements aux personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire en commençant par remercier tout d'abord Mr. Michael Petit, mon professeur et promoteur de ce mémoire, pour son aide précieuse et pour le temps qu'il m'a consacré. J'aimerais également remercier mes parents pour leur soutien apporté tout au long de ce travail.

## Résumé

Avec la croissance démographique dans le milieu urbain et la congestion des villes, l'accès à celles-ci devient un véritable défi pour les usagers de la route. Il est donc nécessaire d'aller vers une solution qui permette aux citoyens de se déplacer de manière aisée et sans devoir penser au trafic routier qui semble devenir un grand facteur de stress de nos jours.

Le concept de Systèmes de Transport Intelligents (STI) constitue une proposition de solution à cette problématique. En effet, ces derniers ont fait leurs preuves dans plusieurs villes dans le monde en améliorant la mobilité urbaine.

La récolte et la gestion de données sont des activités importantes dans la mise en place et le fonctionnement d'un STI. Ce mémoire traite non seulement la problématique liée à la multitude des formats de ces données mais également leurs types, structures et les modalités d'accès à ces données ainsi que la question d'interopérabilité entre le STI et les différentes sources de données. Ce travail s'intéresse au cas particulier du projet STI de la Ville de Namur qui est en phase de démarrage et propose une analyse des besoins liés aux données dans ce cas particulier.

Mots-clés : système de transport intelligent, mobilité, collecte de données, interopérabilité

## *abstract*

*Regarding urban population growth and congestion issues in the cities, access to these becomes a real challenge for road users. It is therefore necessary to move towards a solution that allows citizens to travel easily and without having to worry about road traffic which seems to be a major source of stress nowadays.*

*The Intelligent Transportation Systems (ITS) concept is a proposed solution to this rising issue. Indeed, those have proven themselves in several cities around the world by improving urban mobility.*

*Data gathering and management are important activities in the establishment and operation of an ITS and this thesis deals not only with the issues related to the multiple formats in which these data can be found but also their types, structures and the methods used to access these data, as well as the interoperability between the ITS and the various data sources. This work focuses on the particular case of the ITS Namur project which is in a start-up phase and proposes a data requirements analysis in this particular case.*

*Keywords : intelligent transport system, mobility, data gathering, interoperability*

# Chapitre 1

## Introduction

Les systèmes de transport intelligents sont globalement des systèmes qui font usage de la technologie afin d'améliorer la mobilité multi-modale dans le milieu urbain en assurant la sécurité et la sûreté routière avec une minimisation de l'impact de la mobilité sur l'environnement.

*"Les systèmes de transport intelligents (STI) sont des applications avancées qui, sans pour autant comporter de processus intelligent à proprement parler, visent à fournir des services innovants liés aux différents modes de transport et à la gestion de la circulation et permettent à différents utilisateurs d'être mieux informés et de faire un usage plus sûr, plus coordonné et plus «intelligent» des réseaux de transport." - La directive européenne 2010/40/UE [1]*

Les STI concernent tous les modes de transport et leur intérêt principal est de permettre aux usagers de la route de mieux prendre des décisions quant à leurs déplacements en leur fournissant des informations pertinentes, précises et en temps réel.

Les données liées à la mobilité font l'objet d'alimentation pour les STI, elles sont récoltées, traitées, échangées puis diffusées et diverses technologies sont impliquées telles que les réseaux de communication avec et sans fil, la géolocalisation, l'identification par radio-fréquence, etc.

Ce mémoire se focalise principalement sur la problématique liée à la collecte des données et leur exploitation dans le cadre d'un système de transport intelligent qui doit prendre en compte la multitude des sources de données et la diversité de leurs formats, ce qui nécessite une solution d'interfaçage correcte entre le STI et les différentes sources de données.

L'objectif de ce mémoire est de fournir des clés de solutions pour les concepteurs de systèmes lors de l'analyse des besoins concernant la collecte de données dans les projets STI.

Dans un premier temps, la question de l'acquisition de données dans les STI sera traitée de façon générale en réalisant une revue de ressources bibliographiques.

Dans un deuxième temps, le cas concret du STI de Namur sera analysé. Une première étude des besoins sera réalisée. Cette étude poursuit un double objectif : 1) Apporter une contribution concrète au projet de Namur en cours de démarrage et 2) Fournir des pistes de solution utiles pour des concepteurs de STI en lien avec l'analyse des sources de données.

Dans le chapitre suivant, nous allons passer en revue quelques ressources bibliographiques afin d'introduire le concept de systèmes de transport intelligents ainsi que la gestion des données dans ceux-ci. Dans le chapitre 3, l'accent sera mis sur la démarche d'analyse des données dans le cas du STI Namur. Le chapitre 4 conclut notre travail par une rétrospective de la démarche suivie dans ce mémoire et une description des forces et limitations observées ainsi qu'une réflexion sur une extension possible du projet STI.



## Chapitre 2

# Les systèmes de transport intelligents

---

2.1	Les systèmes de transport intelligents . . . . .	8
2.1.1	Définition . . . . .	8
2.1.2	Utilité des STI . . . . .	9
2.1.3	Avantages des STI . . . . .	9
2.2	Les données dans les systèmes de transport intelligents . . . . .	10
2.2.1	La directive 2010/40/UE du parlement européen et du conseil de l'Union européenne [1] . . . . .	10
2.2.2	Les systèmes de gestion de données archivées . . . . .	11
2.2.3	Les formats d'échange de données de trafic . . . . .	13
2.2.4	Catégorisation des données relatives à la mobilité urbaine . . . . .	15

---

## 2.1 Les systèmes de transport intelligents

Dans cette partie, une brève définition des systèmes de transport intelligents est donnée en guise de mise en contexte, suivie par l'utilité des STI ainsi que leurs avantages. Les informations reprises dans cette section ont été principalement tirées du site de l'association mondiale de la route [2].

### 2.1.1 Définition

La notion de STI se réfère aux systèmes faisant usage des technologies de l'information et de la communication dans le domaine de la mobilité. La mesure dans laquelle ces technologies sont utilisées et le degré de sophistication de leur déploiement varie d'un

pays à l'autre. Ce sont des systèmes de contrôle et d'information qui utilisent des technologies intégrées de communications et de traitement des données notamment pour :

- Améliorer la mobilité des personnes et des biens
- Augmenter la sécurité routière
- Réduire la congestion du trafic
- Diminuer l'impact de la mobilité sur l'environnement
- Gérer efficacement les incidents

Cette définition couvre un large éventail de techniques et d'approches qui peuvent être rendues effectives par le biais d'applications autonomes ou par l'intégration de différents systèmes pour fournir de nouveaux services de transport ou pour améliorer ceux qui existent déjà.

### **2.1.2 Utilité des STI**

Un STI vise à servir l'utilisateur du système de transport en fournissant à l'individu plus de fiabilité et de confort pour la mobilité individuelle et pour l'opérateur du système de transport une prise de décision plus efficace. La fonction globale d'un STI est d'améliorer le fonctionnement de l'ensemble du système de transport (souvent en temps réel) pour les contrôleurs de réseau de transport, les voyageurs, les expéditeurs, etc.

Les STI offrent une approche flexible qui met l'accent sur l'utilisation de l'information, la prise de décision optimale et un haut niveau d'adaptabilité du système dans le but de résoudre les problèmes courants du transport. Cette approche diffère de l'approche plus traditionnelle consistant à construire des infrastructures routières supplémentaires et à augmenter la capacité physique.

Ces systèmes proposent des solutions de rechange pour répondre à la demande future de déplacement dans les situations où les approches conventionnelles peuvent ne pas fonctionner - par exemple dans des endroits fortement urbanisés ou dans des zones soumises à des réglementations environnementales strictes. Les STI comprennent une variété d'outils technologiques qui peuvent être appliqués de manière intégrée au système de transport pour améliorer son efficacité, sa sécurité, sa durabilité et la résilience des opérations du réseau dans le cas de perturbations graves.

### **2.1.3 Avantages des STI**

Les STI ont le potentiel de remédier à certains des problèmes les plus difficiles qui affectent le transport routier aujourd'hui. En général, ils sont capables de :

- Détecter rapidement les incidents et y répondre de manière appropriée
- Améliorer le flux de la circulation en réduisant la congestion
- Améliorer la qualité de l'air en réduisant les niveaux de pollution localement et en minimisant les retards de voyage

- Améliorer la sécurité en prévoyant des avertissements avant les situations de collision potentielles
- Minimiser les impacts des facteurs environnementaux, routiers et humains qui contribuent aux accidents

Les STI peuvent également faciliter les déplacements en fournissant aux voyageurs des informations précises et pertinentes sur les conditions de circulation sur le réseau et les options de transport disponibles. Ils peuvent également favoriser la croissance économique dans une région, en améliorant la mobilité et en réduisant la consommation d'énergie.

## **2.2 Les données dans les systèmes de transport intelligents**

Cette section présente quelques documents relatifs aux systèmes de transport intelligents et se focalise principalement sur la gestion des données au sein de ces systèmes

### **2.2.1 La directive 2010/40/UE du parlement européen et du conseil de l'Union européenne [1]**

Nous ne pouvons pas parler des systèmes de transport intelligents sans mentionner la directive 2010/40/EU, ce document vise à soutenir le déploiement et l'utilisation coordonnés et cohérents de systèmes de transport intelligents dans l'Union européenne et fixe les conditions générales nécessaires à cette fin.

L'article 2 de la directive décrit 4 domaines principaux et prioritaires permettant à une organisation au sein de l'Union européenne de vérifier la compatibilité du développement et du déploiement de son STI avec les normes décrites dans la directive. Ces domaines sont :

1. L'utilisation optimale des données relatives à la route, à la circulation et aux déplacements,
2. La continuité des services STI de gestion de la circulation et du fret,
3. Les applications de STI à la sécurité et à la sûreté routières,
4. Le lien entre le véhicule et les infrastructures de transport

La directive suggère non seulement l'anonymisation des données et la protection de la vie privée des individus mais également le respect de la directive 2003/98/CE sur la réutilisation des informations du secteur public quant à l'utilisation et le traitement des données ouvertes (Open Data) qui figurent dans des documents détenus par des organes du secteur public.

Les paragraphes 16 et 17 traitent l'infrastructure et les technologies à utiliser dans les STI et suggère l'utilisation des infrastructures satellitaires qui fournissent, de manière continue, des services de datation et de positionnement précis, garantissant et assurant

une couverture mondiale ou toute technologie offrant un niveau de précision équivalent ainsi que de dispositifs d'identification par radiofréquence tels que RFID.

### 2.2.2 Les systèmes de gestion de données archivées

L'association mondiale de la route rassemble les administrations routières de 121 gouvernements et a des membres dans plus de 140 pays, elle fournit un grand nombre d'informations sur les STI, leurs avantages et les technologies déployées dans ceux-là. La partie "Data management and archiving" de leur article en ligne [3] aborde la gestion des données dans les STI.

Dans le cadre des STI nous parlons de systèmes de gestion de données archivées (Archived Data Management Systems ou ADMS) qui représentent l'ensemble des logiciels et bases de données relationnelles nécessaires pour le stockage, la gestion et l'archivage des données au sein des STI; Nous les appelons également "ITS data warehouses".

Les technologies qui supportent ADMS ont été conçues pour permettre l'archivage, la fusion, la gestion et l'analyse des données des STI et peuvent supporter une variété d'applications telles que :

- Le développement de stratégies effectives et opérationnelles en se basant sur l'analyse des données du trafic en temps réel.
- Planification des opérations et événements spéciaux.
- Améliorer le système d'informations des voyageurs en ajoutant la capacité de prédire les conditions futures sur base des données historiques.
- Planification au long-terme et la prise de décision quant à l'investissement dans le transport.
- Mesures de performances, le référencement et le reportage afin de s'assurer que les investissements dans le transport sont alloués de manière optimale.

La figure ci-dessous montre un exemple d'architecture de système conçue pour un entrepôt de données pour un STI simple en cours de création pour la région de Buffalo-Niagara dans l'État de New York aux États-Unis. Au centre du système se trouve une base de données relationnelle qui reçoit des données provenant d'un large éventail de sources, notamment les données de trafic en temps réel, les informations sur les incidents, les données météorologiques, les informations sur les chantiers et les données de transit (telles que les données de localisation automatique des véhicules). La base de données relationnelle organise et fusionne les données et les informations ensemble en reliant les différents flux de données grâce à des identifiants communs ce qui permet de développer et de déployer un large éventail d'applications.

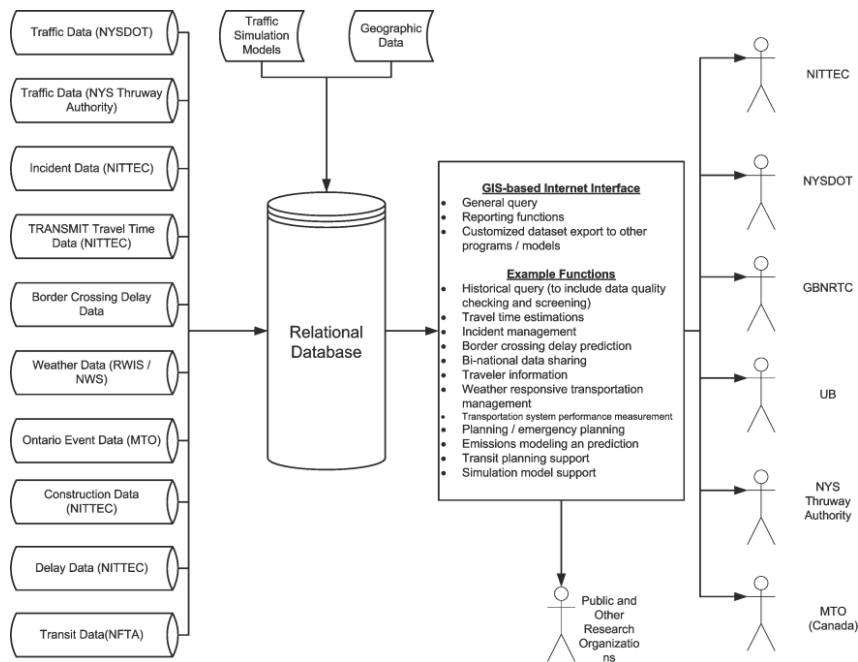


FIGURE 2.1 – Architecture système conçue pour un simple entrepôt de données d’un STI dans la région de Buffalo-Niagara aux États-Unis

Plusieurs ADMS disposent de fonctionnalités permettant de convertir les données stockées dans le format requis pour exécuter les simulations de trafic et les logiciels d’analyse.

Les données du trafic, la météo et les incidents de la route sont utilisées dans le but d’ajouter de ”l’intelligence” aux systèmes d’informations et au contrôle du trafic. Ce processus de collecte de données est appelé ”Network monitoring” et peut être entrepris en utilisant divers moyens tels que la détection automatique des incidents (AID), rapport de conducteur sur téléphones portables, monitoring (ou surveillance) des réseaux sociaux, les informations fournies par d’autres tiers tels que les équipes de maintenance ou les services d’urgence.

L’ampleur et la fiabilité du processus de monitoring influence directement la quantité d’information disponible pour planifier les activités opérationnelles mais également le degré de gestion et de contrôle qui sera possible d’avoir sur le processus. Ceci détermine, par conséquent, la qualité des informations qui seront disponibles aux voyageurs et aux usagers de la route.

L’organisation du traitement de données et la fourniture des informations passent par plusieurs étapes qui forment une sorte de chaîne d’approvisionnement d’informations.

**Collecte de données :** Cette étape consiste en l'acquisition des données sur l'état du réseau routier et le trafic ainsi que les autres modes de transport qui s'y attachent. Ces données peuvent provenir de plusieurs sources telles que les véhicules de sonde, les capteurs dans les routes, les capteurs de micro-ondes, les caméras CCTV, le traitement d'image vidéo, les lecteurs d'étiquettes de péage, etc.

Les informations collectées à l'aide du *crowd sourcing* et sources journalistiques peuvent également être ajoutées.

**Traitement de données :** Dans cette étape, un traitement est effectué pour extraire des informations utiles à partir des données brutes. Ceci couvre un nombre de fonctions basiques : le formatage correct des données, l'élimination des données non-fiables et non-pertinentes, l'horodatage et l'ajout d'une localisation, le codage en utilisant des dictionnaires de données pour s'assurer que les données peuvent être mises à disposition pour un traitement ultérieur ainsi que l'intégration de données provenant de différentes sources.

**Gestion de données :** Cette étape concerne l'analyse des données. Cela nécessite une appréciation de la pertinence contextuelle et le traitement du contenu dans le but de produire des informations selon les besoins de l'utilisateur et ses préférences. Les données doivent couvrir la zone géographique d'intérêt et être vérifiées pour leur ponctualité<sup>1</sup>.

Les techniques de *data mining* sont appliquées aux données historiques afin d'obtenir un aperçu des opérations du trafic et fournir des informations prédictives sur l'état du réseau routier.

**Diffusion de données :** Plusieurs méthodes sont utilisées pour disséminer les données préalablement récoltées, traitées et analysées. Il existe plusieurs moyens permettant de diffuser les informations du trafic et les alertes d'incidents tels que les panneaux de diffusion à messages variables, radio autoroutiers, les sites web et les réseaux sociaux.

### 2.2.3 Les formats d'échange de données de trafic

Plusieurs types de données peuvent être collectées dans le domaine de la mobilité telles que les données du trafic et plus précisément les comptages, les vitesses de parcours, les événements imprévus, les chantiers, etc.

Historiquement, le format utilisé pour l'échange de données était LCR (Langage de Commande Routier), ce format est normalisé pour l'échange de données de trafic et permet la commande des équipements par le centre d'ingénierie et de gestion du trafic (CIGT), le centre régional d'information et de coordination routières (CRICR) et d'autres centres de contrôle de gestionnaires. [4]

---

1. La ponctualité des données fait référence au délai entre le moment auquel les données sont attendues et le moment où les données sont réellement prêtes à être utilisées.

Le développement d'un nouveau format a commencé en 1998, c'est le format DATEX (Data Exchange) suivi par la nouvelle génération DATEX II v1 en 2006 et la version 2.0 en 2009. Les objectifs de ce format étaient d'avoir un modèle de données le plus exhaustif possible qui couvre les données de trafic, événements, mesures d'exploitation etc. [4]

DATEX II est le modèle générique standard européen utilisé pour échanger les données routières en temps réel et en temps différé entre les gestionnaires routiers et les opérateurs de service en information routière. La version 2.0 du modèle DATEX II a été normalisée par le CEN en 2011. La version 2.1 a été diffusée le 1er juillet 2012 et la version actuelle (2.3) est sortie en 2014.[5, 6]

```

d2LogicalModel
exchange
  supplierIdentification
    country fr
    nationalIdentifier frESCOTA
  payloadPublication: SituationPublication lang="fra"
    publicationTime 09:00
    publicationCreator
      country fr
      nationalIdentifier frESCOTA
    situationid="ID_113394_46" version="1"
    headerInformation
      confidentiality noRestriction
      informationStatus real
    situationRecord: Accident id="ID_113394-43" version="1"
      situationRecordCreationTime 09:00
      situationRecordObservationTime 08:58
      situationRecordVersionTime 09:00
      probabilityOfOccurrence probable
      validity obligatoire
        validityStatus definedByValidityTimeSpec
        validityTimeSpecification
          overallStartTime 08:58
      impact non obligatoire
        capacityRemaining 0 pourcentage
        originalNumberOfLanes 2
        trafficConstrictionType carriagewayBlocked
      generalPublicComment non obligatoire mais fortement conseillé (info-bulle)
        comment
          values
            valuelang="fra" Accident grave
            valuelang="eng" Serious Accident
      groupOfLocations: Point
        pointByCoordinates donner le point en X Y permet l'affichage facile d'une icône sur carto
        pointCoordinates
          latitude 45.1
          longitude 5.3
      accidentType seriousAccident attribut obligatoire vu le type de situationRecord
      accidentType collision
  
```

FIGURE 2.2 – Exemple commenté (en vert) de la description d'un accident signalé mais non confirmé décrit en DATEX II [4]

La syntaxe de l'exemple repris dans la figure ci-dessus a été simplifiée pour des raisons de clarté. La vraie syntaxe DATEX II est sous format XML comme l'illustre la figure qui suit :

```
<exchange>
  <supplierIdentification>
    <country>fr</country>
    <nationalIdentifier>@FOURNISSEUR@</nationalIdentifier>
  </supplierIdentification>
  <subscription>
    <operatingMode>operatingMode1</operatingMode>
    <subscriptionStartTime>@DATE_OUVERTURE_FLUX@</subscriptionStartTime>
    <subscriptionState>active</subscriptionState>
    <updateMethod>@METHODE@</updateMethod>
    <target>
      <address>not used</address>
      <protocol>not used</protocol>
    </target>
  </subscription>
</exchange>
```

FIGURE 2.3 – Exemple du contenu du bloc *exchange* [5]

Remarque : Le bloc *exchange* fournit les informations sur le système informatique du gestionnaire routier et sur les conditions de la publication.

DATEX peut être considéré comme un langage et une grammaire permettant de définir la forme des messages à échanger, les métadonnées et la manière d'échanger/décoder l'information. LCR reste encore présent pour des raisons historiques mais DATEX est de plus en plus adopté pour sa souplesse et modernité même si il est relativement complexe par rapport à LCR.[4]

## 2.2.4 Catégorisation des données relatives à la mobilité urbaine

Plusieurs standards (existants ou en cours de développement) en relation avec les transports publics sont utilisés dans les villes tels que Transmodel<sup>2</sup>, SIRI<sup>3</sup>, NeTEx<sup>4</sup> et DATEX II et différentes tentatives ont eu lieu dans le but de proposer une plate-forme de référence pour l'architecture IT qui rendrait possible l'utilisation des données publiques partout en Europe en se basant sur la technologie, la définition de mécanismes communs, les règles standard et les protocoles dans les processus de conception d'interfaces ainsi que la spécification des communications et leur installation.[10]

2. **Transmodel** est le modèle de données de référence pour le transport public, il décrit les principales structures de données utilisées dans le système d'information d'une entreprise de transport public.[7]

3. **SIRI** (Service Interface for Real time Information) est une norme qui définit le protocole d'échange de l'information en temps réel pour les transports collectifs sous format XML.[8]

4. **NeTEx** (Network Exchange) est un format de référence pour échanger des données d'offre théorique du transport collectif, défini au niveau européen.[9]



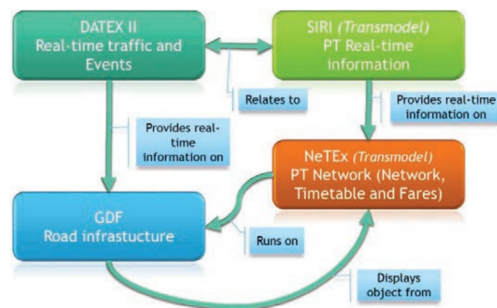


FIGURE 2.4 – Exemple d’interactions simplifi es entre standards (Datex II, SIRI, GDF<sup>5</sup> et NeTEx) propos e par OPTICITIES [10]

Le projet OPTICITIES [10] (Optimiser la mobilité des citoyens et la gestion du fret dans le milieu urbain) tente de répondre à la question li e à la nécessité d’un ensemble harmonisé de données relatives à la mobilité urbaine, il définit une vision de la mobilité urbaine optimis e en se focalisant sur les besoins des utilisateurs, la politique publique de mobilité urbaine et les ”business models” des fournisseurs de services. [10]

Afin de mieux définir les structures de données relatives à la mobilité urbaine, OPTICITIES propose de les classer dans les 4 catégories qui suivent et illustr es dans la figure 2.5.

- **Les données statiques ou de référence li es aux terrains et à l’infrastructure** décrivant la topographie, l’infrastructure de transport, l’utilisation à long terme des terrains, etc.
- **Les données statiques li es aux services de mobilité** et qui décrivent les réseaux, les services et les installations, c’est à dire, les données ayant un long cycle de vie.
- **Les données li es aux services de la mobilité planifi e** : les données sur les services d’exploitation, qui peuvent être connues à l’avance, mais qui pourraient changer pour différentes raisons.
- **Les données à court cycle de vie** peuvent être divis es en deux sous-catégories :
  - Les données en temps réel décrivant l’état actuel du réseau et des services ainsi que les événements et les conséquences qui les affectent.
  - Les données de contrôle décrivant les actions de contrôle qui sont d cides en conséquence de l’état en temps réel du réseau routier.

5. **GDF** (Geographic Data Files) est une norme internationale pour la création, la modélisation, la mise à jour, la fourniture et l’application de données de réseau routier. [11]

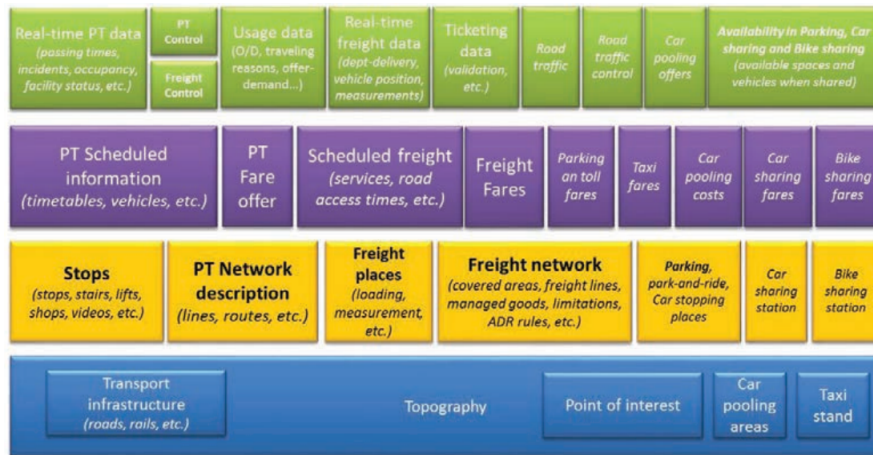


FIGURE 2.5 – Proposition des catégories de données par OPTICITIES [10]

Dans cette structure en couche nous retrouvons les données statiques dans les couches inférieures suivies par des données de plus en plus dépendantes du temps pour arriver aux données dynamiques dans les couches supérieures.

## Chapitre 3

# Analyse des données dans le cas du STI de Namur

---

3.1	Présentation du projet . . . . .	19
3.2	Catégories de données . . . . .	20
3.3	Les différentes sources de données pour le STI Namur . . . . .	23
3.3.1	Données de circulation . . . . .	23
3.3.1.1	Occupation du domaine public . . . . .	23
3.3.1.2	Arrêtés de police . . . . .	23
3.3.2	Transport en commun . . . . .	23
3.3.3	Qualité de l'air . . . . .	24
3.3.4	Stationnement . . . . .	24
3.3.4.1	Parkings hors voirie (privés/publics) . . . . .	24
3.3.4.2	Parkings en voirie . . . . .	25
3.3.5	Li Bia Velo . . . . .	26
3.3.6	Flux cycliste et piéton . . . . .	28
3.3.7	Données statiques . . . . .	29
3.4	Étude des besoins relatifs aux données . . . . .	31
3.4.1	Modèles conceptuels de données et propositions de stratégies de stockage . . . . .	31
3.4.1.1	Données ODP . . . . .	31
3.4.1.2	Données TEC . . . . .	32
3.4.1.3	Données Li Bia Velo . . . . .	34
3.4.1.4	Données des comptages vélos . . . . .	35
3.4.2	Schéma conceptuel des données stockées dans le STI . . . . .	36

---

### 3.1 Présentation du projet

Dans le cadre des projets namurois soutenus par le FEDER et visant à transformer la ville de Namur en une ville intelligente, cette dernière tente de résoudre la problématique de l'accès au centre-ville grâce à la mise en œuvre d'un système de transport intelligent (STI) qui permettra de récolter les données relatives à la mobilité, transmettre les informations via des bornes d'informations pour les usagers des transports en commun, mettre en place des panneaux d'information dynamique pour les véhicules ainsi que, des interfaces web sous forme de tableau de bord à destination des citoyens.[12, 13]

Le projet STI a pour objet de concevoir et de développer une solution globale permettant de gérer de façon dynamique la mobilité à l'échelle de la ville, et qui comprend tous les dispositifs de collecte d'information, le traitement des données relatives à la mobilité et leur gestion intégrée en vue de la diffusion d'informations, tant pour les usagers que pour les gestionnaires.[12]

Ce projet s'articule autour des 3 objectifs suivants :

- La collecte d'informations relatives à la mobilité dans la ville
- La diffusion de l'information par panneaux d'informations dynamiques et la diffusion de données sur internet
- La mise à disposition d'outils d'aide à la gestion de la mobilité au profit des gestionnaires

Dans le cadre de ce mémoire, l'accent sera mis sur le premier objectif et notamment sur l'infrastructure des données : sources de données, leur format et l'interfaçage entre systèmes.

## 3.2 Catégories de données

Notre travail consistait à faire une analyse des besoins de la partie "collecte de données" et pour effectuer cette analyse nous sommes passés par un certain nombre d'étapes, une des premières étapes c'est d'avoir une vision globale de l'ensemble des sources de données et de les classer par catégories.

Dans cette partie, le résultat d'une première analyse globale de données susceptibles d'être exploitées dans le cadre du STI Namur sera donné, et permettra d'avoir une vue d'ensemble des différentes catégories de données qui seront analysées plus en détail dans les parties qui vont suivre.

Selon le cahier spécial des charges [12] du projet STI Namur et grâce à une réunion avec Mme. Bérénice Ruysen, responsable dans le service mobilité de la Ville et chargé du projet STI, nous avons pu établir une liste des catégories de données que le STI Namur pourrait exploiter.

Les principales catégories de données sont les suivantes :

- **Les données de circulation** : cette catégorie reprend des informations sur les temps de parcours (vitesse moyenne) et la charge de trafic qui proviendront des caméras ANPR, des caméras contextuelles motorisées, des données GPS, géolocalisation des bus, véhicules communaux et d'usagers tests collaboratifs. Des informations sur les événements, travaux et incidents sont également repris dans cette catégorie et sont obtenues grâce aux arrêtés de Police et ODP<sup>1</sup>
- **Les données des transports en commun** : cette catégorie contient principalement des informations sur les arrêts de bus TEC et les temps d'attente des bus (en temps réel) qui seront fournies par la SRWT (Société Régionale Wallonne du Transport).
- **Les informations sur la qualité de l'air** : Les données concernant la qualité de l'air seront obtenues grâce à un partenariat avec l'AWAC (Agence Wallonne de l'Air et du Climat) qui effectuera des mesures de divers polluants majeurs grâce à des capteurs qui seront installés dans la ville.
- **Les données de stationnement** : Dans cette catégorie nous retrouvons les données relatifs aux parkings en voirie et hors voirie.
  - Les données des parkings en voirie sont représentées sous la forme d'un plan de stationnement accompagné éventuellement du nombre de places par rue et par zone et seront collectées grâce à des horodateurs connectés.

---

1. ODP : (Occupation du Domaine Public) signifie toute occupation temporaire d'un espace public par des événements culturels, sportifs ou festifs et qui nécessite une autorisation de l'Autorité administrative.

- Les données des parkings hors voirie (privés et publics) qui rassemblent les données des panneaux dynamiques existants, les données diffusées par les sociétés de parkings ainsi que les données obtenues grâce à la mutualisation du stationnement tel que mini P+R, BePark, Superstrong, etc.
- **Les comptages du flux piéton** : ces données sont collectées grâce à des compteurs automatiques placés dans les rues commerçantes de la ville. D'autres compteurs sont prévus dans le futur en plus des cinq déjà existants.
- **Les données vélo** : ces données proviennent de trois compteurs permanents et de quatre compteurs mobiles installés dans la ville ainsi que des comptages manuels effectués par le service Mobilité avec l'aide d'une dizaine de bénévoles sur une quinzaine de points deux fois par an. En outre, les données relatives au réseau de vélos partagés Li Bia Velo sont également disponibles.
- **Les données statiques** : cette catégorie rassemble une série de données statiques dont dispose la Ville, telles que les règlements de police (DPS), stationnement pour vélos et motos, itinéraires modes doux, stationnement et accessibilité PMR ainsi que les zones de livraisons et itinéraires des poids lourds.

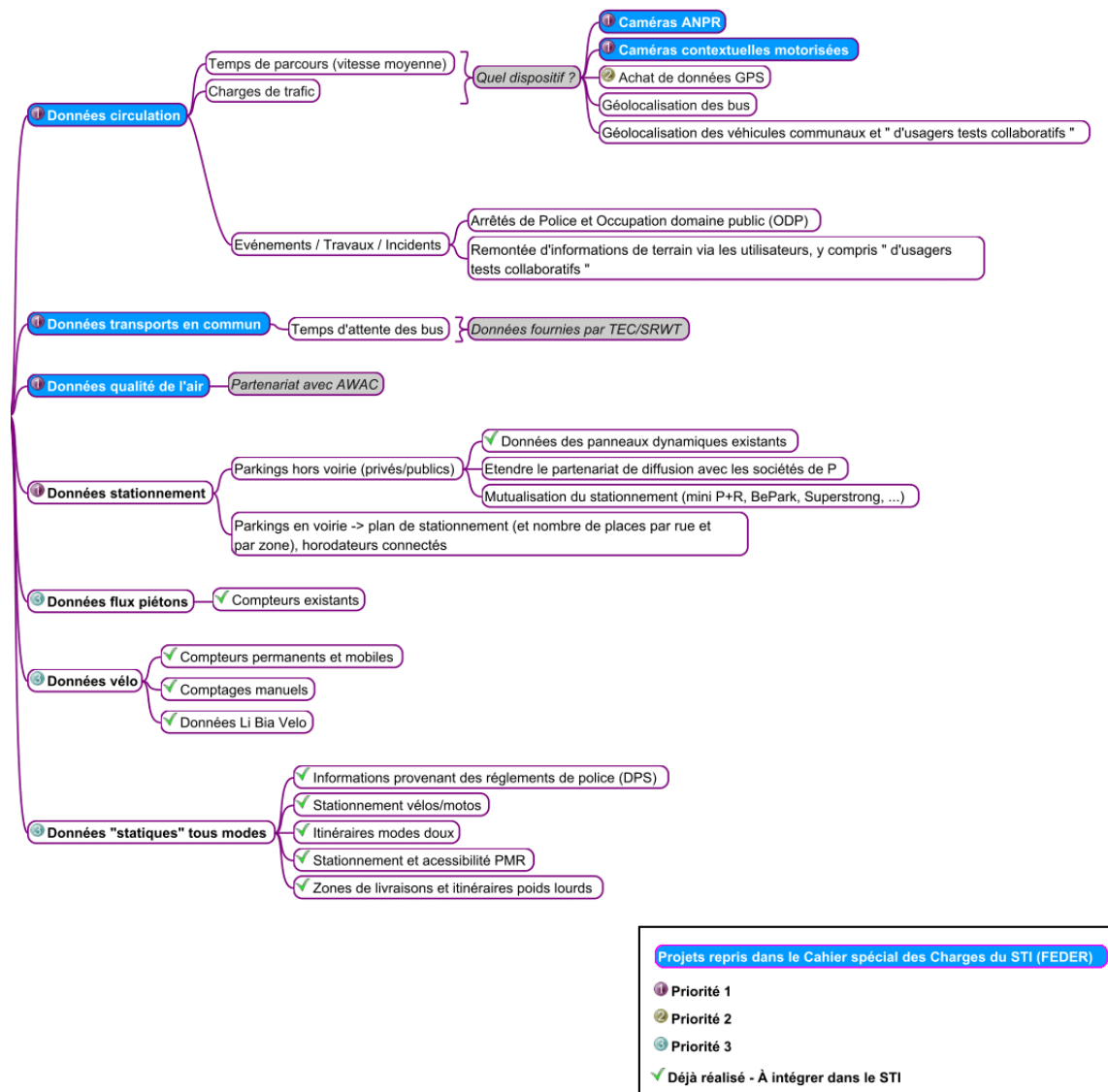


FIGURE 3.1 – Le volet "Collecte de données" extrait de l'arborescence du projet STI [12]

## 3.3 Les différentes sources de données pour le STI Namur

Le STI Namur devra s'interfacer avec un large éventail de sources de données. Les détails de certaines de ces données, leurs types et formats sont présentés dans cette partie suite à un travail d'identification, de documentation et d'analyse partielle de ces sources qui a été mené dans le cadre de notre démarche d'analyse.

### 3.3.1 Données de circulation

#### 3.3.1.1 Occupation du domaine public

Les données ODP contiennent des informations sur les événements ayant un impact sur le domaine public tels que les manifestations culturelles, sportives ou festives, l'occupation temporaire à des fins commerciales, le placement de containers ou d'échafaudage, etc.

Les données disponibles actuellement à la Ville sont au format Oracle Spatial et peuvent être transmises sous tous les formats de données disponibles dans ce logiciel. La Ville peut également fournir des Webservices sécurisés (WMS ou WFS) pour l'accès aux données.

Une API sera disponible dans le futur mais ce système est encore à l'étude en ce moment. Certaines données des partenaires sont disponibles en API et certaines données de la Ville sont déjà accessibles via des Web services.

#### 3.3.1.2 Arrêtés de police

Les arrêtés de police sont liés aux événements festifs et sportifs ainsi qu'aux travaux de voiries et d'impétrants. Ils matérialisent les mesures à prendre lors de l'événement.

### 3.3.2 Transport en commun

Les données statiques (itinéraires et horaires officiels) de la société TEC ont été rendues disponibles en Open Data et sont intégrables dans le service Google Maps.

Les données sous format GTFS proposées en Open Data par la société TEC sont groupées dans des fichiers TXT dont voici la description :

- *agency.txt* : Une ou plusieurs agences de transports en commun qui fournissent les données de ce flux.
- *calendar.txt* : Dates pour les identifiants de service selon un horaire hebdomadaire. Indique quand le service commence et s'arrête, ainsi que les jours de semaine pendant lesquels le service est proposé.
- *calendar\_dates.txt* : Exceptions pour les identifiants de service définis dans le fichier *calendar.txt*. Si le fichier *calendar.txt* inclut toutes les dates de service, ce fichier peut remplacer *calendar.txt*.
- *routes.txt* : Itinéraires en transports en commun. Un itinéraire est un ensemble de trajets présentés aux usagers comme relevant du même service.



- *shapes.txt* : Règles relatives aux tracés des trajets sur une carte, pour représenter les itinéraires d'une agence de TEC.
- *stop\_times.txt* : Heures d'arrivée et de départ d'un véhicule depuis des arrêts spécifiques, pour chaque trajet.
- *stops.txt* : Lieux spécifiques où les passagers montent ou descendent des véhicules.
- *trips.txt* : Trajets pour chaque itinéraire. Un trajet est une série d'au moins deux arrêts desservis à une heure précise.

A titre d'exemple voici un échantillon du fichier *stops.txt* :

```
stop_id,stop_code,stop_name,stop_desc,stop_lat,stop_lon,zone_id,stop_url,location_type
Baegd741,,,"GEROMPONT Avenue des Déportés 74",,, 50.651931, 4.890270,,,0
Baegd742,,,"GEROMPONT Avenue des Déportés 74",,, 50.651979, 4.890100,,,0
Baeggl1,,,"AUTRE-EGLISE Eglise",,, 50.663079, 4.923704,,,0
Baeggl2,,,"AUTRE-EGLISE Eglise",,, 50.663151, 4.923620,,,0
Baeggar1,,,"AUTRE-EGLISE Gare",,, 50.663857, 4.918398,,,0
Baeggar2,,,"AUTRE-EGLISE Gare",,, 50.663964, 4.918366,,,0
```

Les données en temps réel comprennent les informations sur les temps d'attente des bus. Ces données sont actuellement en phase de test au sein du groupe TEC et devraient être disponibles dans un futur proche au format GTFS-RT.

### 3.3.3 Qualité de l'air

Une station télémétrique sera implantée dans la ville et mesurera en continu divers polluants : les particules fines (PM10 et PM2.5), les oxydes d'azote (NOx), l'ozone (O3) et le Black Carbon (BC). Elle sera située dans un endroit représentatif d'un fond urbain et sans impact immédiat d'une source de pollution à proximité.

Des capteurs seront déployés dans certains endroits-clés de la ville et permettront de mesurer les particules en suspension (PM), l'ozone (O3) et le dioxyde d'azote (NO2) afin de définir un indice global de qualité de l'air fiable. Les données collectées seront la propriété de la Ville de Namur qui compte les rendre disponibles en Open Data par la suite.

### 3.3.4 Stationnement

#### 3.3.4.1 Parkings hors voirie (privés/publics)

Un total de 6 panneaux dynamiques diffusent des informations sur la disponibilité (nombre de places restantes) dans les différents parkings du centre-ville.

Les données existantes à la Ville seront récupérées et traitées afin de les rendre disponibles sur Internet à l'attention des usagers. Ceci permettra également à la Ville de consigner certaines données statistiques afin de suivre les politiques de stationnement mises en œuvre et avoir une meilleure vision de l'offre et de la demande.

Actuellement les données ne sont pas stockées à la Ville mais directement transmises sur les panneaux dynamiques. Néanmoins, la Ville envisage de mettre en place

d'un serveur FTP permettant de mettre à disposition les informations de comptage des parkings.

De plus, des accords seront établis avec les sociétés de mutualisation de parkings (telles que BePark) pour le rapatriement des données dans le STI.

#### **3.3.4.2 Parkings en voirie**

La Ville dispose d'un parc de 157 horodateurs répartis dans les différentes zones de stationnement payantes de son territoire.

La Ville compte remplacer progressivement ses horodateurs par des horodateurs connectés (avec encodage du numéro de plaque d'immatriculation) qui permettront de disposer d'informations statistiques sur le stationnement. Certains de ces horodateurs sont déjà mis en place et sont gérés par le logiciel MyParkfolio [14] de Parkeon qui est un système de centralisation permettant le traitement et le contrôle de l'ensemble des infrastructures ainsi que des domaines du stationnement. Il permet d'obtenir des informations détaillées concernant l'infrastructure de vente et d'information, rapports d'événements, des anomalies, des transactions. Le tableau de bord permet de visualiser des indicateurs de performance en temps réel et il est également possible d'obtenir des statistiques et un historique des transactions.

Les données issues de cette nouvelle génération d'horodateurs seront importées dans le STI ainsi que celles éventuellement relevées par des capteurs de stationnement en voirie.

### 3.3.5 Li Bia Velo

Li Bia Velo est une des sociétés de vélos partagés à Namur et qui possède des données concernant la localisation des stations et les disponibilités des vélos.

La société de publicité urbaine JCDecaux possède les données sur les stations de vélo Li Bia Velo, la société propose des données statiques et en temps réel au public. Les données statiques sont proposées sous la forme de fichiers JSON et CSV tandis que les données en temps réel sont accessibles via une API web.

- Données statiques : un exemple de données d'une station est illustré dans la figure ci dessous.

```
1 {  
2  "number":22 ,  
3  "name": "022 – GROGNON" ,  
4  "address": "022 – GROGNON – AV F.GOLENVAUX / GROGNON" ,  
5  "latitude":50.462537 ,  
6  "longitude":4.869596  
7 }
```

FIGURE 3.2 – Exemple de données statiques d'une station Li Bia Velo à Namur

- *number* : numéro de la station
  - *name* : nom de la station
  - *address* : adresse de la station
  - *latitude et longitude* : coordonnées où se trouve la station
- Données temps réel : un exemple d'informations en temps réel sur les stations vélo pouvant être obtenues via l'API web est illustré dans la figure suivante.

```

1 {
2   "number": 123,
3   "contract_name" : "Paris",
4   "name": "nom station",
5   "address": "adresse indicative",
6   "position": {
7     "lat": 48.862993,
8     "lng": 2.344294
9   },
10  "banking": true,
11  "bonus": false,
12  "status": "OPEN",
13  "bike_stands": 20,
14  "available_bike_stands": 15,
15  "available_bikes": 5,
16  "last_update": <timestamp>
17 }

```

FIGURE 3.3 – Exemple de données en temps réel d’une station vélo à Paris

Nous pouvons distinguer 2 parties, une statique et l’autre dynamique.

1. Partie statique

- *number* : le numéro de la station. Attention, ce n’est pas un id, ce numéro n’est unique qu’au sein d’un contrat
- *contract\_name* : le nom du contrat de cette station
- *name* : le nom de la station
- *address* : adresse indicative de la station, les données étant brutes, parfois il s’agit plus d’un commentaire que d’une adresse.
- *position* : les coordonnées au format WGS84
- *banking* : indique la présence d’un terminal de paiement
- *bonus* : indique s’il s’agit d’une station bonus

2. Partie dynamique

- *status* : indique l’état de la station, [CLOSED ou OPEN]
- *bike\_stands* : le nombre de points d’attache opérationnels
- *available\_bike\_stands* : le nombre de points d’attache disponibles pour y ranger un vélo
- *available\_bikes* : le nombre de vélos disponibles et opérationnels
- *last\_update* : timestamp indiquant le moment de la dernière mise à jour en millisecondes depuis Epoch <sup>2</sup>

---

2. Epoch représente la date initiale à partir de laquelle est mesuré le temps par les systèmes d’exploitation.

### 3.3.6 Flux cycliste et piéton

Les comptages des flux cycliste et piéton sont pris en charge par Eco-counter [15], entreprise spécialisée dans le comptage des piétons et des cyclistes, qui propose ensuite les données collectées via une API REST sous un format JSON. L'accès aux données est limité à 100 appels/minute et à 5000 appels/jour.

L'API permet de récupérer une série d'informations telles que la liste de tous les sites, les données d'un site en particulier, la liste des compteurs, un site à partir de son identifiant, un compteur particulier à l'aide de son numéro de série.

Exemple de données renvoyées par l'API :

```
1 {  
2   "id": 123456789,  
3   "name": "Avenue des Champs-Elysees",  
4   "domain": "Eco-Counter",  
5   "latitude": 48.867834,  
6   "longitude": 2.313706,  
7   "userType": 2,  
8   "timezone": "(UTC+01:00) Europe/Paris;DST",  
9   "interval": 60,  
10  "sens": 0,  
11  "installationDate": "2014-03-15T00:00:00+0100",  
12  "photos": [  
13    "https://eco-visio.net/mywonderfullsite.jpg"  
14  ],  
15  "counter": "ABC123456",  
16  "channels": []  
17 }
```

FIGURE 3.4 – Exemple de données d'un site de comptage à Paris

- *id* : identifiant unique généré par le serveur
- *name* : nom du site de comptage
- *domain* : nom du domaine
- *latitude*, *longitude* : coordonnées géographiques du site de comptage
- *userType* : type d'utilisateur (1 : piéton, 2 : vélo, 3 : cheval, 4 : voiture, 5 : bus, 6 : minibus, 7 : indéfini, 8 : moto, 9 : kayak)
- *timeZone* : fuseau horaire
- *interval* : intervalle d'enregistrement de données (15 ou 60 minutes)
- *sens* : information sur la direction
- *installationDate* : date d'installation (sous format ISO 8601)
- *photos* : URLs des photos du site de comptage
- *counter* : numéro de série du compteur actuellement attaché au site de comptage

- *channels* : liste des chaînes du site de comptage (informations synthétisées sur les types d'utilisateurs, leurs directions, etc.)

Une console de test est disponible [16] ainsi qu'une documentation [17] technique qui répertorie les principaux objets, paramètres et requêtes possibles.

### 3.3.7 Données statiques

Le service Data Office [18] centralise et rend accessibles les données des différentes bases de données à l'administration et au grand public. Des données géographiques sont également mises à disposition du public et sont exploitées à l'aide d'un Système d'Informations Géographiques (SIG).

Une des missions de ce service est l'Open Data qui comprend la validation et l'unification des différentes bases de données de la ville ainsi que la communication et la mise à disposition de ces données.

Les données sont principalement proposées via les deux moyens suivants :

- **Applications cartographiques** : Plusieurs applications web sont proposées dans la partie "Cartographie" [19], la plus intéressante pour le projet STI pourrait être "Voirie en ligne" qui s'agit une application permettant de rechercher des données relatives aux voiries du territoire de la ville de Namur (à l'exception des autoroutes) et prendre connaissance des travaux déjà réalisés, en cours ou prévus pour chacune des voiries communales revêtues.

D'autres applications sont également proposées telles que : "Plan de Ville", "Namur en chiffres", "Urbanisme en ligne", "Histoire en ligne", "Quartiers en ligne" et "Namur 3D".

Ces applications offrent la possibilité d'exporter les données principalement sous les formats HTML, CSV, DXF et SHP.

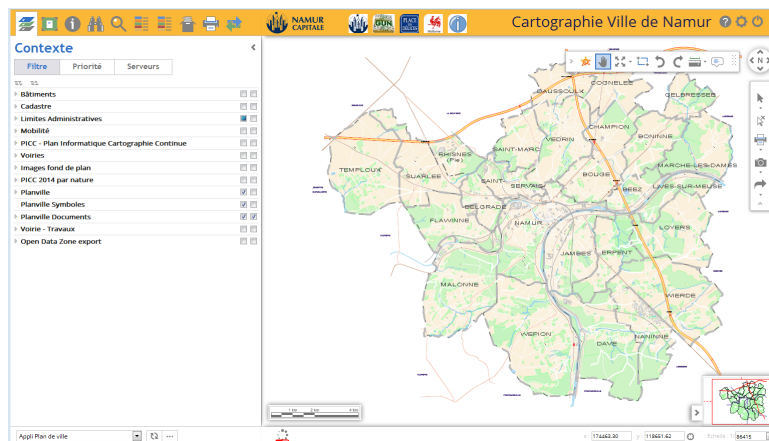


FIGURE 3.5 – L'application web "Cartographie Ville de Namur" [19]

- **Web services** : Les données cartographiques de la ville (informations sur les voiries, travaux, plans, etc.) fonctionnent par "couches" et celles-ci sont rendues disponibles par la Ville de Namur via des adresses WMS. Un des avantages de WMS est qu'il permet d'accéder à l'information sans devoir stocker des grands volumes de données en mémoire. Les serveurs WMS sont exploités au travers de logiciels SIG tels que ArcView, MapInfo, QGIS, UDig ou encore GvSIG.[18]  
Les données sont visualisables avec les logiciels Gaia, QuantumGIS ou Tatuk-GIS Viewer et sont accessibles sur <http://carto.ville.namur.be/ElyxRouter/rest/wms?SERVICE=WMS&VERSION=1.3.0&REQUEST=GetCapabilities>
- **Fichiers, tableaux et PDF** : Ces fichiers contiennent des informations telles que les rues en travaux, les nouvelles voiries, les plans communaux d'aménagement, l'inventaire des biens classés et les superficies cadastrées.[18]

## 3.4 Étude des besoins relatifs aux données

Dans cette partie, nous présentons le résultat d'une analyse plus détaillée de certaines sources de données sélectionnées sur base de l'accessibilité de l'information.

### 3.4.1 Modèles conceptuels de données et propositions de stratégies de stockage

Dans cette section, nous analysons les données provenant de certaines sources pour ensuite proposer des modèles conceptuels à partir des informations disponibles sur ces données. Nous proposons par la suite une stratégie de stockage pour chacune de ces sources.

#### 3.4.1.1 Données ODP

Nous avons obtenu le modèle physique de la base de données ODP de la Ville et un travail de rétro-ingénierie et de simplification a été réalisé sur base de ce schéma. La simplification a notamment concerné les tables et attributs de gestion interne de l'outil ODP et elle a été effectuée afin de garder uniquement les informations liées aux événements ainsi que d'autres informations pertinentes dans le cadre du STI, cela nous a ainsi permis de créer le modèle conceptuel suivant :

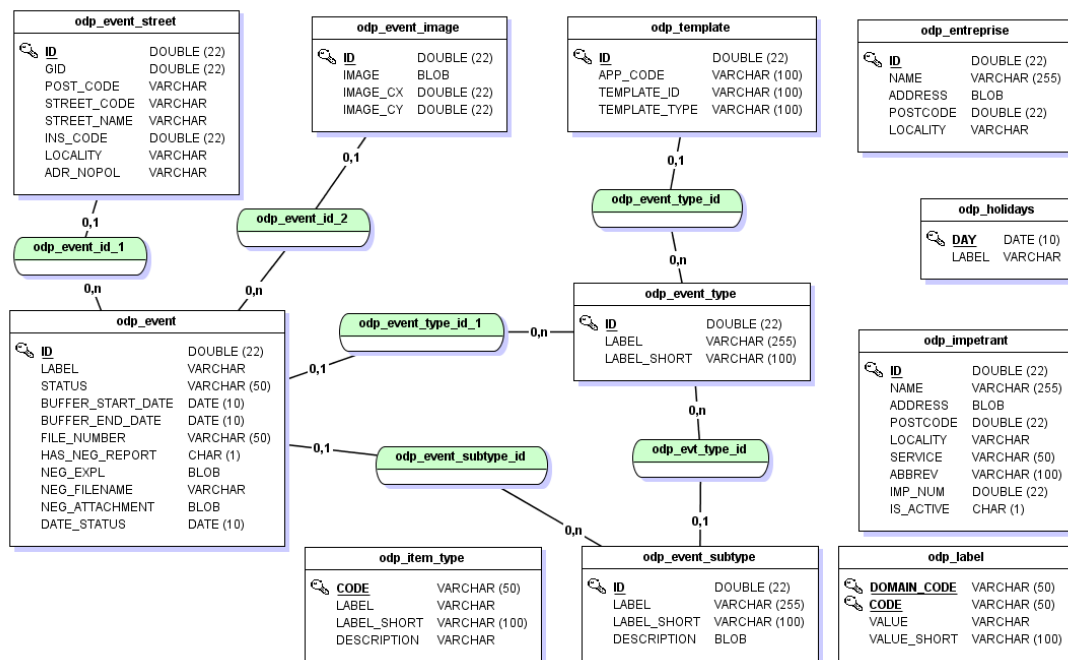


FIGURE 3.6 – Modèle conceptuel des données ODP



Une API sera mise en place par la Ville dans un futur proche et permettra l'accès aux données ODP.

Dans le cadre du STI, nous pensons que l'exploitation des données ODP via une API serait meilleure qu'un accès direct à la base de données. Vu la taille énorme des données ODP, il conviendrait de ne pas les stocker localement mais uniquement interroger l'API pour récupérer l'information nécessaire.

Concernant la conservation des données, cela pourrait être temporaire et se limiter à la période d'occupation. Par exemple, les informations d'un événement ayant lieu dans un espace public en ville pendant 3 jours et son impact (rues fermées, déviations, etc.) seront donc gardées uniquement pendant cette période-ci. Avoir un historique des événements organisés dans la ville ne nous semble pas être une information pertinente à conserver très longtemps dans le cadre du STI.

Vu le caractère assez statique des données ODP, la fréquence d'interrogation quotidienne de l'API pourrait ne pas être importante, globalement 3 accès par jour suffiraient pour récupérer les dernières informations encodées. Ceci pourrait être minimisé et dépendra de la fréquence d'encodage des données dans la BD, par exemple, si les données ne sont encodées qu'une fois par jour, un accès après l'encodage serait suffisant et permettrait de récupérer les dernières mises à jour.

### 3.4.1.2 Données TEC

Nous avons analysé les données sous format GTFS mises à disposition par la société TEC et avons réalisé le modèle conceptuel qui suit :

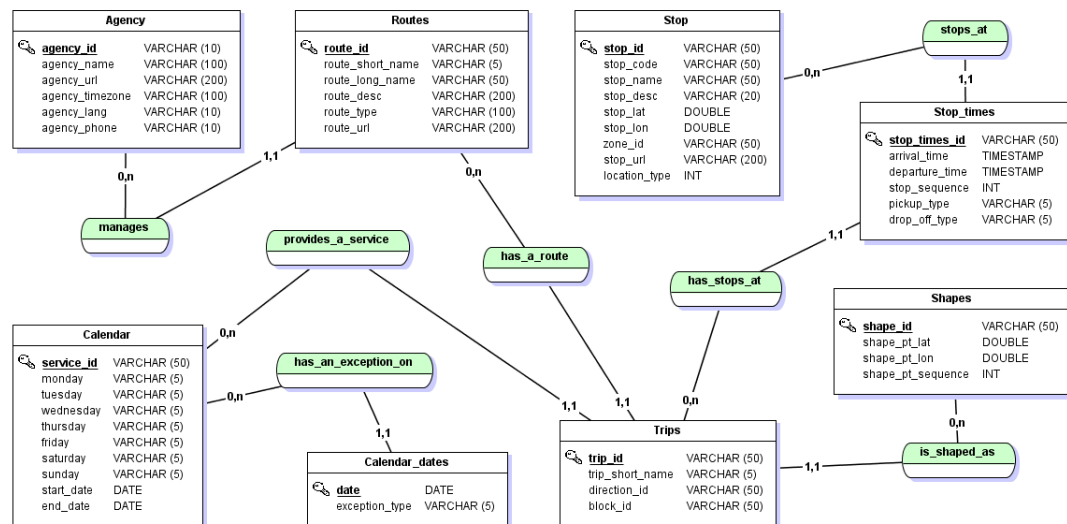


FIGURE 3.7 – Modèle conceptuel des données TEC

Les différentes entités et leurs attributs correspondent respectivement aux fichiers TXT (du format GTFS) et aux colonnes dans ces fichiers. Les tailles et types des attributs ont été inférés moyennant les données concrètes dans les différents fichiers ainsi que la documentation [20]. Les relations entre les entités ont été déduites grâce aux attributs qu'ont les entités en commun et à la documentation [20].

Les fichiers TXT du format GTFS sont appelés des "fichiers de flux", certains sont obligatoires et d'autres sont facultatifs. Les fichiers rendus disponibles en Open Data par la société TEC représentent un sous-ensemble des fichiers de flux définis dans la documentation [20]. En effet, d'autres fichiers existent tels que *fare\_attributes.txt* qui contient les informations tarifaires des itinéraires, mais ceux-là sont facultatifs. Cependant, ce sous-ensemble reste conforme car il contient tous les fichiers obligatoires qui sont : *agency.txt*, *stops.txt*, *routes.txt*, *trips.txt*, *stop\_times.txt* et *calendar.txt*.

Dans le cas des données TEC, nous suggérons de stocker les données statiques, notamment les données relatives aux arrêts de bus, les horaires théoriques, les itinéraires, etc. Ces informations pourraient être affichées en cas d'indisponibilité des données en temps réel.

Il serait moins coûteux et plus efficace de disposer de l'information localement et effectuer les traitements dessus au lieu d'interroger les services externes pour récupérer une information qui est au final statique. Cela permettrait également d'éviter les temps de latence.

Un simple cas d'utilisation dans le cadre du STI serait d'afficher sur une carte (dans une application web ou mobile par exemple) les arrêts de bus ainsi que les différents itinéraires, et le clic sur un arrêt permettrait d'afficher les temps d'attente théoriques pour les différentes lignes passant par cet arrêt.

Ceci pourrait être atteint grâce aux données statiques uniquement mais pourrait être complété par les données en temps réel pour afficher une information plus pertinente à l'utilisateur telle que les temps d'attentes effectifs, les incidents, les perturbations et les déviations.

Dans le cas des données en temps réel, il serait intéressant de garder un historique de données anonymisées sur l'utilisation des bus si besoin de générer des statistiques ou pour les analyser dans le but d'extraire des connaissances qui permettraient de faire de la prédiction ou de l'anticipation grâce aux algorithmes de "Machine learning" et "Data mining" et ainsi proposer un meilleur service aux utilisateurs. Les techniques mentionnées précédemment nécessitent une quantité importante de données, par conséquent, il faudra conserver les données sur une longue durée avant de pouvoir en tirer de l'information pertinente.

La fréquence d'interrogation du système externe dépendra de la fréquence de mise à jour des données par la société TEC mais également de l'utilisation souhaitée des données dans le cadre du STI, celle-ci risque tout de même d'être globalement assez forte. A titre d'exemple, dans le cas des temps d'attente des bus, la fréquence pourrait être un accès toutes les 20 à 40 secondes.

### 3.4.1.3 Données Li Bia Velo

Nous avons analysé les données pouvant être obtenues grâce à l'API mise en place par JCDecaux pour ensuite tenter d'élaborer un modèle conceptuel sur base de celles-ci.

Les deux entités principales *Station\_static* et *Station\_dynamic\_data* correspondent respectivement aux données statiques et dynamiques des stations. Les attributs, leurs types et tailles ont été inférés des attributs de l'objet JSON à la figure 3.3. La relation entre la table *Station\_static* et *Station\_dynamic\_data* représente le lien entre une station et ses données dynamiques.

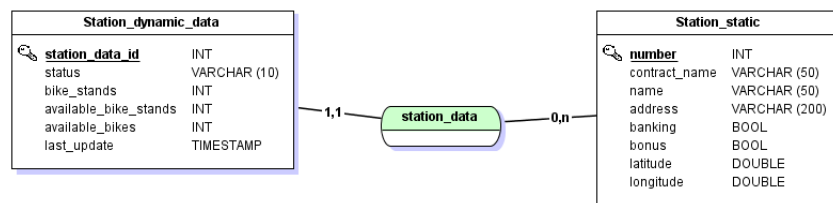


FIGURE 3.8 – Modèle conceptuel des données Li Bia Velo

JCDecaux dispose également d'un ensemble données dynamiques concernant l'utilisation des vélos mais celles-ci ne sont pas accessibles en Open Data.

Les données statiques relatives aux stations Li Bia Velo telles que les emplacements des stations sont à conserver dans le système pour un accès plus facile et une exploitation optimale.

Les données en temps réel, comme pour les arrêts de bus, permettraient d'afficher (par exemple dans une application web ou mobile) sur une carte les différentes stations, leurs statuts ainsi que les disponibilités des vélos dans celles-ci.

Un intérêt à conserver les données en temps réel serait dans le but de les analyser et générer des statistiques qui fourniraient davantage d'informations sur les stations qui sont les plus/moins utilisées, à quels moments, etc. Ces informations permettraient d'améliorer l'offre des vélos en libre service.

Si l'historisation de ces données s'étend sur une longue durée, celles-ci pourraient être utilisées pour faire des analyses plus avancées à l'aide des algorithmes de "Data mining" et extraire plus d'informations qui seraient utiles pour le STI.

Dans le cadre du STI ces données seraient consultées assez souvent pour proposer une information pertinente à l'utilisateur, la fréquence d'accès aux données dépendra de la fréquence de mise à jour des données par la société JCDecaux, celle-ci sera globalement moyenne et pourrait s'agir d'un accès toutes les 3 à 8 minutes. Si un accès à la demande doit être assuré, cette fréquence sera donc plus importante et dépendra de l'usage des applications faisant appel à l'API (nombre d'utilisateurs, fréquence d'utilisation journalière, etc.).

### 3.4.1.4 Données des comptages vélos

À l'aide de l'exemple de données JSON illustré à la figure 3.4 et de la documentation [17] de l'API Eco-counter, nous avons pu concevoir un schéma conceptuel décrivant les données des comptages vélos comme suit :

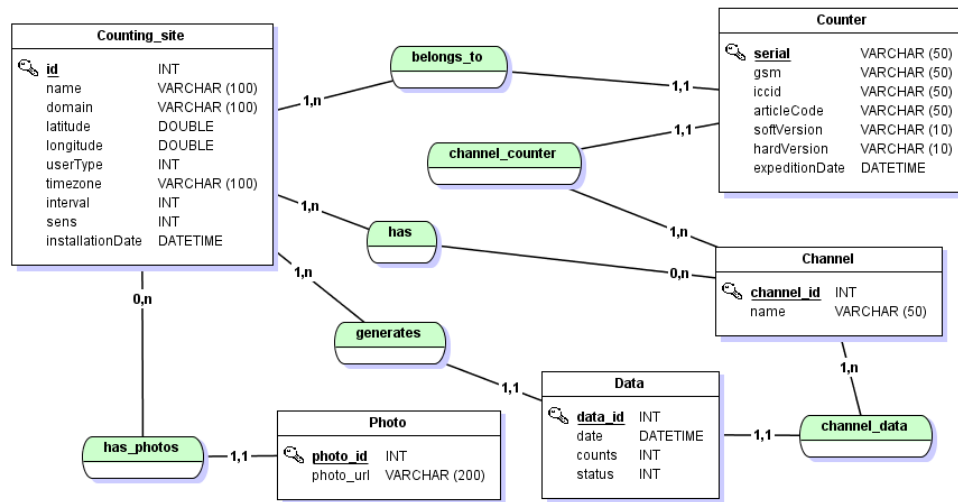


FIGURE 3.9 – Modèle conceptuel des données Eco-counter

L'entité *Counter* représente le compteur effectuant les comptages tandis que *Counting\_site* représente l'endroit où le compteur est installé.

Les différentes entités correspondent aux différents objets JSON pouvant être renvoyés par l'API. Les relations entre les différentes entités ainsi que la taille des différents attributs et leurs types ont été déduits de la documentation [17] de l'API Eco-counter.

Les données des comptages sont récupérées à l'aide de l'API, certaines informations telles que les emplacements des compteurs sont statiques et d'autres telles que les comptages effectués par les compteurs sont dynamiques. La question de stockage de ces informations dépend de leur utilisation future souhaitée dans le cadre du STI.

Garder un historique de ces données pourrait être grandement utile et permettrait non seulement de générer des statistiques mais également d'effectuer des analyses de données plus poussées sur le trafic cycliste qui permettraient, par exemple, de guider la Ville dans son entretien des pistes cyclables et ainsi, améliorer le quotidien des cyclistes en ville et d'encourager plus de gens à se déplacer à vélo.

D'après la documentation [17], l'intervalle d'encodage des données peut être de 15 ou 60 minutes, une fréquence raisonnable de sollicitation de ces données serait donc déduite de cet intervalle selon le site où sont effectués les comptages et le compteur utilisé. Cette fréquence pourrait tout de même être réduite à un appel par jour étant donné que l'accès à l'information en temps réel n'est pas indispensable dans ce cas.

### 3.4.2 Schéma conceptuel des données stockées dans le STI

Sur base des résultats de l'étape précédente, nous avons effectué une analyse des besoins de stockage de données et nous nous sommes intéressés uniquement aux données qui seront stockées dans le STI.

Dans cette partie nous avons pris en compte les différents modèles conceptuels obtenus dans l'étape précédente pour proposer un schéma complet de certaines données qui pourraient être exploitées dans le cadre du STI.

Les coordonnées géographiques (latitude et longitude) semblent être une information récurrente dans les différents modèles (attributs latitude et longitude), nous avons donc décidé d'isoler ceci dans une entité *Position* qui sera liée à toute entité faisant usage de cette information.

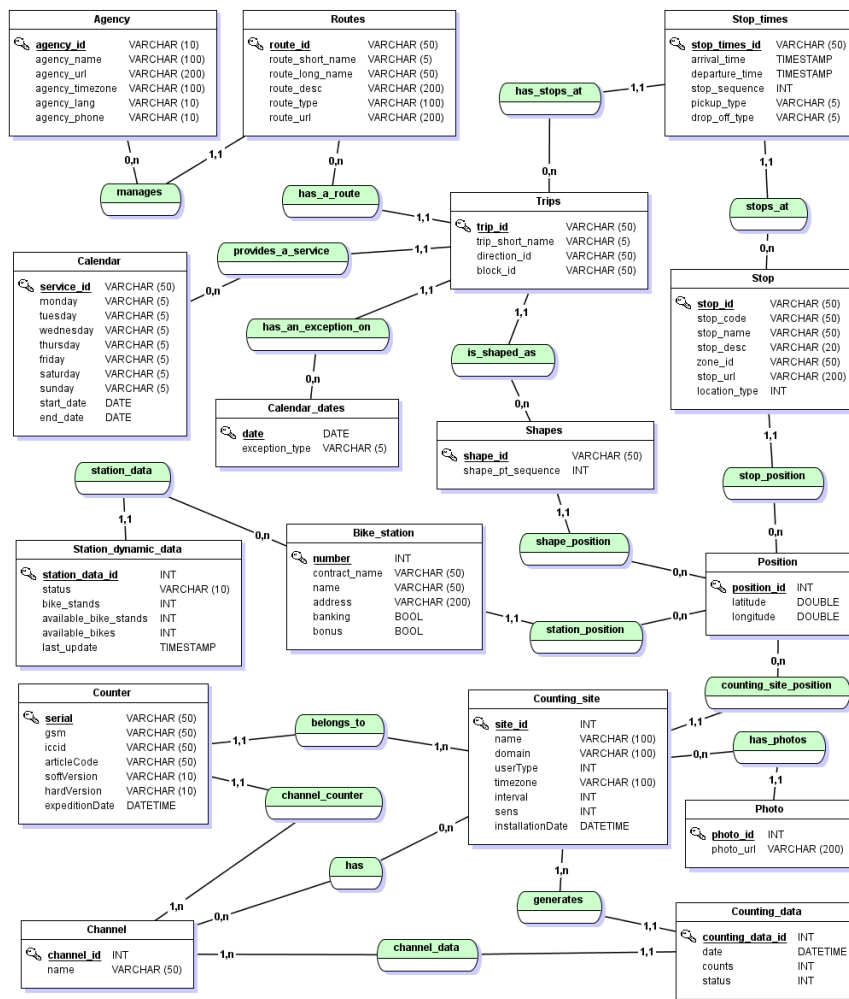


FIGURE 3.10 – Modèle conceptuel d'une partie des données pouvant être exploitées dans le cadre du STI

Le nom de l'entité *Station\_static* vue dans la figure 3.8 a été changé en *Bike\_station* afin de mieux clarifier la distinction entre celle-ci et l'entité *Stops* qui concerne les arrêts de bus.

L'entité *calendar\_dates* permet d'activer ou de désactiver explicitement des dates dans l'entité *calendar*. Le choix ayant été fait est d'utiliser l'entité *calendar\_dates* conjointement avec l'entité *calendar* afin que l'entité *calendar\_dates* définisse les exceptions aux catégories de service indiquées dans l'entité *calendar*.

Disposer de toutes ces données à un seul endroit faciliterait la combinaison des différentes informations pour offrir un meilleur service à l'utilisateur. Ainsi et à titre d'exemple, en cas de perturbation ou problèmes avec le bus, les coordonnées géographiques des arrêts de bus et des stations vélo pourraient être utilisées pour proposer à l'utilisateur la station de vélo la plus proche de l'arrêt de bus comme alternative pour effectuer son déplacement.

## Chapitre 4

# Conclusion

Ce travail a apporté une pierre à l'édifice du projet STI Namur qui s'agit de lui permettre de démarrer plus rapidement en fournissant une vision claire et structurée des différents types de données qui seront exploitées et leurs formats ainsi que les possibilités d'interfaçage entre le STI et les différentes sources de données.

Dans ce mémoire, nous avons suivi une démarche d'analyse de données dans le cadre du projet STI Namur dans laquelle nous avons commencé par une analyse des besoins relatifs aux données de la mobilité urbaine pouvant être exploitées dans le cadre du projet, le résultat de cette première analyse nous a permis de classer les données dans un ensemble de catégories. Dans un deuxième temps, un travail d'identification et de documentation de quelques sources de données a été effectué et nous a fourni une vision plus claire des types et formats des données proposées par les différentes sources. Nous avons pu obtenir plus d'informations sur la structure des données concrètes pour 4 de ces sources et la dernière étape de notre démarche consistait à analyser puis modéliser ces données par des modèles conceptuels pour ensuite proposer une stratégie de stockage de données pour chacune des sources, suivis d'une proposition de schéma conceptuel des données qui seront conservées dans le STI.

La démarche suivie présente des forces et des faiblesses, une des forces est qu'elle fournit une classification des données dans des catégories permettant ainsi d'avoir une vision claire des données qui seront traitées, ce qui facilite le travail des concepteurs par la suite. Un autre avantage de la méthode est qu'elle ne nécessite pas une information complète sur les données mais se base uniquement sur l'information disponible, celle-ci pourrait être un échantillon de données, documentation, API ou schémas (physiques, logiques, etc.), pour effectuer l'analyse et obtenir des résultats.

Bien que les objectifs initiaux ont globalement pu être remplis, la démarche montre quelques faiblesses et limitations. Tout d'abord, la démarche s'avère être assez longue et nécessite un temps important vu les traitements et analyses nécessaires pour chacune des sources de données. Une autre contrainte notable concerne l'accès aux données qui

freine l'analyse de certaines sources mais cela semble être un problème généralement rencontré dans la gestion des données dans les STI.

Si des pistes de solutions utiles pour les concepteurs d'un STI devraient être données en se basant sur l'expérience acquise en travaillant sur ce mémoire, ce serait d'anticiper le travail d'analyse très tôt dans le développement du STI vu que cette étape, et plus précisément l'accès aux données, dure assez longtemps. L'utilisation des techniques de rétro-ingénierie est également recommandée vu son utilité dans les phases avancées de l'analyse. La modélisation par modèles conceptuels de données nous semble être un bon choix de schéma pour représenter les résultats des analyses comparés aux autres modèles vu la facilité de compréhension de ce modèle, son expressivité et la possibilité de générer d'autres types de modèles à partir de celui-ci.

L'utilisateur ne s'intéresse plus uniquement aux simples moyens mis en œuvre pour choisir une solution de déplacement mais cherche constamment le meilleur résultat en termes de temps, de coût et de simplicité. C'est pour cela qu'il faudrait lui fournir une information pertinente, facilement accessible, compréhensible et fiable. Une extension possible au STI Namur pourrait être d'essayer de proposer une variété de solutions aux usagers, ceci pourrait être atteint en combinant les données déjà disponibles à d'autres données telles que les informations sur les disponibilités des parkings, les propositions de co-voiturages, agences de location de voitures, taxis, etc.

Le développement des STI ne peut clairement pas se limiter à la récolte de données, produites par les citoyens "passivement", par les autorités en charge de la gestion de la ville. Ces dernières doivent rendre publiques et facilement accessibles les informations permettant d'objectiver et de contester, le cas échéant, les décisions qu'elles prennent.

Les systèmes de transports intelligents répondent à une demande croissante des usagers et des gestionnaires mais sont confrontés à plusieurs obstacles lors de leur développement tels que la multiplication des acteurs impliqués, qui rend de plus en plus complexe la mise en place des STI, et la problématique d'accès aux données, qui sont l'élément-clé du développement des STI, souvent du au fait que le secteur privé a une vocation de rentabilité économique qui n'est pas toujours convergente avec la notion de service public.



## Annexe A

# Glossaire

- ANPR : Automatic Number-Plate Recognition (Reconnaissance automatique de plaques d'immatriculation)
- API : Application Programming Interface (interface de programmation applicative)
- CEN : Comité Européen de Normalisation
- CIGT : Centre d'ingénierie et de gestion du trafic
- CRICR : Centre régional d'information et de coordination routières
- DPS : Département Protection Sécurité
- GTFS : General Transit Feed Specification
- ODP : Occupation du Domaine Public
- PMR : Personnes à Mobilité Réduite
- RFID : Radio Frequency IDentification (Identification par radiofréquence)
- SIG : Système d'Informations Géographiques
- STI : Système de Transport Intelligent
- WMS : Web Map Service

## Annexe B

# Bibliographie

- [1] Parlement européen, “Directive 2010/40/UE du parlement européen et du conseil du 7 juillet 2010 concernant le cadre pour le déploiement de systèmes de transport intelligents dans le domaine du transport routier et d’interfaces avec d’autres modes de transport,” 2010.
- [2] Association mondiale de la route, Prof. Mashrur (Ronnie) Chowdhury, Prof. Adel Sadek, “WHAT IS ITS.” <https://rno-its.piarc.org/en/intelligent-transport-systems/what-its>, (visité le 29/04/2018).
- [3] Association mondiale de la route, Prof. Adel Sadek, “ITS TECHNOLOGIES.” <https://rno-its.piarc.org/en/intelligent-transport-systems-its-technologies-basic-info-structure/data-management-and-archiving>, (visité le 29/04/2018).
- [4] Centre d’études et d’expertise sur les risques, l’environnement, la mobilité et l’aménagement, “Formats d’échange de données de trafic.” [http://mim.cete-aix.fr/IMG/pdf/6-Formats\\_d\\_echange\\_des\\_donnees\\_de\\_trafic.pdf](http://mim.cete-aix.fr/IMG/pdf/6-Formats_d_echange_des_donnees_de_trafic.pdf), 2014.
- [5] Ministère de la Transition écologique et solidaire, “Échanges numériques d’information routière.” <https://diffusion-numerique.info-routiere.gouv.fr/IMG/pdf/interface-datexii-avec-tipi-2017-171124.pdf>, 2017.
- [6] Commission européenne, “Datex II.” <http://www.datex2.eu/content/information-datex>, (visité le 18/05/2018).
- [7] Normes Données TC, “Transmodel.” <http://www.normes-donnees-tc.org/page-d-exemple/modeles-de-donnees/transmodel/>, (visité le 28/05/2018).
- [8] Normes Données TC, “Données temps réel (SIRI).” <http://www.normes-donnees-tc.org/format-dechange/donnees-temps-reel/>, (visité le 28/05/2018).
- [9] Normes Données TC, “NETEX.” <http://www.normes-donnees-tc.org/format-dechange/donnees-theoriques/netex/>, (visité le 28/05/2018).
- [10] Jorge A., Christophe D., Nuria S., José Manuel M., Nuria B., Tomás M., “Urban mobility data management – the OPTICITIES project and the Madrid standardization proposal,” 2016.

- [11] OpenStreetMap Wiki, “GDF.” <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/GDF>, (visité le 28/05/2018).
- [12] Ville de Namur, “Cahier spécial des charges n V 1223,” 2018.
- [13] Pavillon de l’Aménagement urbain, “Système de transport intelligent (STI).” <http://www.pavillon-namur.be/les-projets/systeme-de-transport-intelligent-sti>, (visité le 15/03/2018).
- [14] Parkeon, “MyParkfolio.” <http://www.parkeon.com/fr/nos-solutions/catalogue-produits/myparkfolio>, (visité le 23/05/2018).
- [15] Eco-counter, “Présentation de l’entreprise.” <https://eco-counter.com>, (visité le 28/04/2018).
- [16] Eco-counter, “Console de test de l’API.” <https://apiadmin.eco-counter-tools.com/store/apis/info>, (visité le 25/05/2018).
- [17] Eco-counter, “API documentation).” <http://eco-test2.com/apidoc/wso2/apidoc.html>, (visité le 25/05/2018).
- [18] Ville de Namur, “Le service data office.” <https://www.namur.be/fr/ma-ville/administration/services-communaux/data-office>, (visité le 23/05/2018).
- [19] Ville de Namur, “Cartographie.” <https://www.namur.be/fr/ma-ville/administration/services-communaux/data-office/cartographie>, (visité le 18/04/2018).
- [20] Google developers, “Références générales sur les spécifications GTFS (General Transit Feed Specification).” <https://developers.google.com/transit/gtfs/reference/>, (visité le 24/05/2018).